

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-11924

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月19日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup> 識別記号

C 0 1 B 33/02  
33/037

C 3 0 B 11/00  
21/02  
28/06

F I

C 0 1 B 33/02  
33/037

C 3 0 B 11/00  
21/02  
28/06

E

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-166289

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月23日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 山崎 基治

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72) 発明者 奥野 哲啓

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

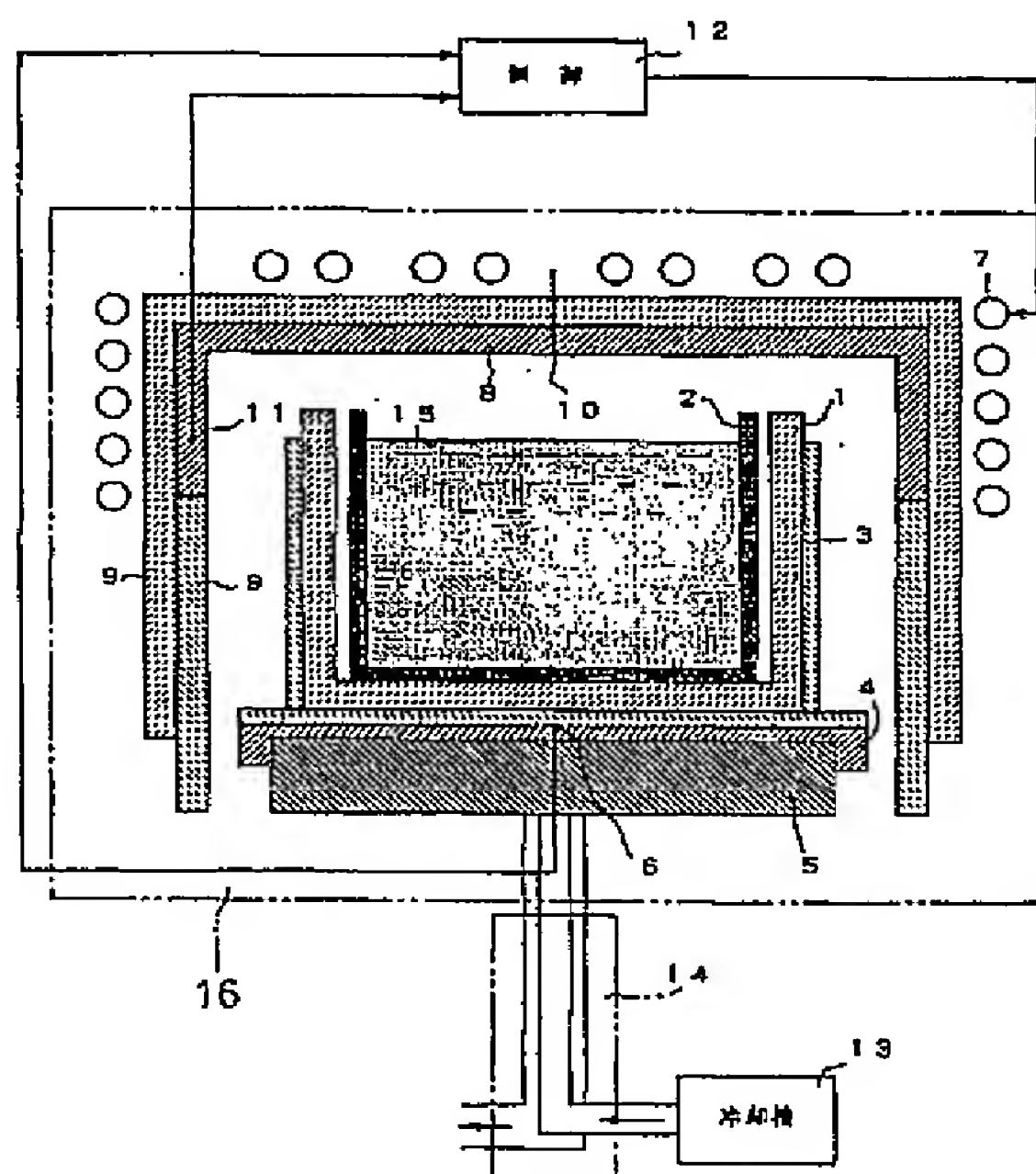
(74) 代理人 弁理士 西教 圭一郎

(54) 【発明の名称】 多結晶半導体インゴットの製造方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 一方向凝固で形成する多結晶半導体インゴットの歪みを軽減し、品質を向上させる。

【解決手段】 シリコン半導体材料15は、二重構造のるつぼ1および内側るつぼ2内に装入されて、誘導加熱コイル7によって加熱する発熱体8からの輻射熱で上方から加熱され、融解する。るつぼ1の底部は、冷却槽13からの冷却水で冷却される支持台4に乘載される。内側るつぼ2内で熔融して、底部から凝固が開始される。シリコン半導体材料15は、凝固するとき体積が膨張するけれども、内側るつぼ2とるつぼ1との間には空隙が設けられているので、内側るつぼ2がシリコン半導体材料15とともに外側に拡大すれば、凝固の際の歪みを軽減し、良好な多結晶半導体インゴットを得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固化時に膨張する半導体材料をるつぽに装入して、上方から加熱し、下方から冷却することによって、るつぽ内で半導体材料に下方から上方に向かう一方向凝固を行わせる多結晶半導体インゴットの製造方法において、半導体材料の固化時の膨張による歪みを緩和可能なるつぽを用いることを特徴とする多結晶半導体インゴットの製造方法。

【請求項 2】 るつぽを二重構造とし、内側のるつぽと外側のるつぽとの間に空隙を設け、内側のるつぽが半導体の膨張に合わせて拡大して、歪みを緩和することを特徴とする請求項 1 記載の多結晶半導体インゴットの製造方法。

【請求項 3】 るつぽの周壁面よりも内方についたてを設け、ついたてを外方に移動可能にしておくことを特徴とする請求項 1 記載の多結晶半導体インゴットの製造方法。

【請求項 4】 るつぽは、複数の部分に分割可能で、るつぽの各部分は、底面でくし形に組合わされ、径方向の外方に摺動変位可能であることを特徴とする請求項 1 記載の多結晶半導体インゴットの製造方法。

【請求項 5】 前記半導体材料をるつぽに装入する前に、るつぽの底面に半導体の種結晶を配置し、種結晶から多結晶を成長させることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の多結晶半導体インゴットの製造方法。

【請求項 6】 前記半導体材料は、ポリシリコンであることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載に多結晶半導体インゴットの製造方法。

【請求項 7】 内部を不活性な雰囲気中に保ちうる密閉容器と、密閉容器内に配置され、半導体材料を装入するためのるつぽと、るつぽの上部を加熱して半導体材料を融解させる加熱手段と、るつぽの底部を乗載し、回転および昇降変位が可能な支持台と、支持台を冷却する冷却手段とを含み、るつぽには、半導体の固化時の膨張による歪みを緩和する歪み緩和手段が備えられることを特徴とする多結晶半導体インゴットの製造装置。

【請求項 8】 前記るつぽは、前記歪み緩和手段として、二重構造を有し、二重構造の内側と外側との間に空隙を有することを特徴とする請求項 7 記載の多結晶半導体インゴットの製造装置。

【請求項 9】 前記内側のるつぽは、半導体材料よりも高融点で、熔融した半導体材料との濡れ性が悪い金属材料で形成されることを特徴とする請求項 8 記載の多結晶

半導体インゴットの製造装置。

【請求項 10】 前記内側のるつぽは、屈曲した形状の周壁を有することを特徴とする請求項 8 または 9 のいずれかに記載の多結晶半導体インゴットの製造装置。

【請求項 11】 前記るつぽは、周壁面よりも内方に、外方に移動可能なついたてを有することを特徴とする請求項 7 記載の多結晶半導体インゴットの製造装置。

【請求項 12】 前記るつぽと、前記ついたてとの間に、緩衝手段を設けることを特徴とする請求項 11 記載の多結晶半導体インゴットの製造装置。

【請求項 13】 前記緩衝手段は、粒状耐火物であることを特徴とする請求項 12 記載の多結晶半導体インゴットの製造装置。

【請求項 14】 前記るつぽは、複数の部分に分割可能で、

るつぽの各部分は、底面でくし形に組合わされ、径方向の外方に摺動変位可能であることを特徴とする請求項 7 記載の多結晶半導体インゴットの製造装置。

【請求項 15】 前記るつぽの材質は、カーボンであることを特徴とする請求項 14 記載の多結晶半導体インゴットの製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、シリコンなどの多結晶半導体インゴットを歪みが少ない状態で製造することができる多結晶半導体製造方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】シリコンなどの多結晶半導体は、太陽電池の材料などとして、工業生産の面からも資源の面からも注目されている。現在、太陽光発電として実用化されているのは、ほとんどシリコン太陽電池である。しかしながら、まだコスト面で問題があり、将来のエネルギー源としてより広範に使用するためには、より一層のコスト低下を図る必要がある。現在の電力用太陽電池では、単結晶や非晶質シリコンを用いるものが主流である。さらに低コストを実現するためには、多結晶シリコンによる太陽電池の開発が要望されている。

【0003】多結晶シリコン半導体製造の一般的な方法としては、従来からシリカ（酸化珪素： $\text{SiO}_2$ ）などによるるつぽに、固体のシリコン材料を装入して、加熱によって一旦溶解した後で、熔融した半導体材料を黒鉛るつぽに鑄込んで形成する方法が知られている。たとえば特公昭 57-21515 には、独国ワッカー社から、真空中または不活性ガス中でシリカるつぽ内でシリコンを融解し、黒鉛等の鑄型内にるつぽを傾けて融解したシリコンを注入する半連続鑄造炉の先行技術が開示されている。特公昭 58-54115 には、米国クリスタルシステムズ社から、真空中でシリカるつぽ内のシリコンを融解し、そのまま凝固させる熱交換法（Heat Exchange Method）の先行技術が開示されている。特開昭 62-2

60710には、ワッカー社の方法の改良として、シリコン融解るつぽに水冷した銅板を用いる先行技術が開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】多結晶半導体インゴットの製造では、るつぽを用いて結晶を成長させる方法が主流となっている。この方法では、閉込められた空間で半導体の多結晶を成長させる必要があるため、結晶が凝固する際に体積膨張が生じると、凝固した半導体多結晶のるつぽ内壁との接触部分に応力が発生し、インゴットには応力による歪みが内蔵されたままとなる。インゴットに歪みが内蔵されると、品質低下を招き、半導体としての光学的あるいは電気的な特性が低下し、太陽電池などとして用いる際の発電効率が悪くなってしまう。また応力が大きくなると、機械的な割れなども生じてしまう。

【0005】本発明の目的は、高品質な多結晶半導体インゴットを製造することができる多結晶半導体インゴットの製造方法および装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、固化時に膨張する半導体材料をるつぽに装入して、上方から加熱し、下方から冷却することによって、るつぽ内で半導体材料に下方から上方に向かう一方向凝固を行わせる多結晶半導体インゴットの製造方法において、半導体材料の固化時の膨張による歪みを緩和可能なるつぽを用いることを特徴とする多結晶半導体インゴットの製造方法である。

【0007】本発明に従えば、るつぽに半導体材料を装入して上方から加熱し、下方から冷却することによって、半導体材料は下方から上方に向かって一方向凝固し、固化時に体積が膨張する。膨張による歪みはるつぽによって緩和可能であるので、歪みの少ない高品質な多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0008】また本発明は、るつぽを二重構造とし、内側のるつぽと外側のるつぽとの間に空隙を設け、内側のるつぽが半導体の膨張に合わせて拡大して、歪みを緩和することを特徴とする。

【0009】本発明に従えば、二重構造のるつぽの内側のるつぽと外側のるつぽとの間に空隙が設けられ、半導体材料が凝固時に膨張しても、内側のるつぽが膨張に合わせて拡大し、歪みを緩和するので、高品質の多結晶半導体インゴットを得ることができる。

【0010】また本発明は、るつぽの周壁面よりも内方についたてを設け、ついたてを外方に移動可能にしておくことを特徴とする。

【0011】本発明に従えば、るつぽの周壁面よりも内方のついたて内で半導体材料を融解し、凝固させることによって、凝固時の体積膨張はついたてが外方に移動して吸収し、応力を緩和して高品質な多結晶半導体インゴットを得ることができる。

【0012】また本発明は、るつぽは、複数の部分に分割可能で、るつぽの各部分は、底面でくし形に組合わされ、径方向の外方に摺動変位可能であることを特徴とする。

【0013】本発明に従えば、るつぽは複数の部分に分割可能で、底面でくし形に組合わされて径方向の外方に摺動変位可能であるので、るつぽ内部で溶解された半導体材料が凝固する際に膨張しても、るつぽの各部分が径方向の外方にそれぞれ摺動変位して歪みを緩和し、高品質の多結晶半導体インゴットを得ることができる。

【0014】また本発明は、前記半導体材料をるつぽに装入する前に、るつぽの底面に半導体の種結晶を配置し、種結晶から多結晶を成長させることを特徴とする。

【0015】本発明に従えば、多結晶半導体インゴットは、るつぽの底面に配置した種結晶から成長させるので、種結晶の加熱時の熱膨張による歪みをるつぽによって緩和し、歪みの少ない状態一方向凝固を開始させ、高品質の多結晶半導体インゴットを得ることができる。

【0016】また本発明で前記半導体材料は、ポリシリコンであることを特徴とする。

【0017】本発明に従えば、資源として豊富なシリコンを用いて一方向凝固の多結晶インゴットを高品質な状態で得ることができる。

【0018】さらに本発明は、内部を不活性な雰囲気を保ちうる密閉容器と、密閉容器内に配置され、半導体材料を装入するためのるつぽと、るつぽの上部を加熱して半導体材料を融解させる加熱手段と、るつぽの底部を乗載し、回転および昇降変位が可能な支持台と、支持台を冷却する冷却手段とを含み、るつぽには、半導体の固化時の膨張による歪みを緩和する歪み緩和手段が備えられることを特徴とする多結晶半導体インゴットの製造装置である。

【0019】本発明に従えば、内部を不活性な雰囲気を保ちうる密閉容器内にるつぽを配置し、るつぽ内に半導体材料を装入して、るつぽの上部から加熱し、るつぽの底部を冷却して、下方から上方に向かって一方向凝固する多結晶半導体インゴットを得ることができる。半導体の固化時の膨張による歪みは、るつぽに備えられる歪み緩和手段によって緩和されるので、歪みの影響の少ない高品質な多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0020】また本発明で前記るつぽは、前記歪み緩和手段として、二重構造を有し、二重構造の内側と外側との間に空隙を有することを特徴とする。

【0021】本発明に従えば、二重構造のるつぽの内側のるつぽと外側のるつぽとの間には空隙が設けられるので、内側のるつぽが半導体の凝固時の膨張に合わせて変形し、膨張による歪みを緩和して高品質な多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0022】また本発明で前記内側のるつぽは、半導体



材料よりも高融点で、溶融した半導体材料との濡れ性が悪い金属材料で形成されることを特徴とする。

【0023】本発明に従えば、内側のるつぼは、半導体材料よりも高融点の金属材料で形成するので、溶融した半導体を貯留し、下方から上方に向けて一方向に凝固させることができる。るつぼの材料は、溶融した半導体材料との濡れ性が悪いので、半導体材料が凝固する際に固液界面付近の溶融した半導体材料を上方に押し上げることができ、凝固時の体積膨張を緩和して高品質の多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0024】また本発明で前記内側のるつぼは、屈曲した形状の周壁を有することを特徴とする。

【0025】本発明に従えば、内側のるつぼ内の半導体材料が凝固時に膨張しても、屈曲した形状の周壁が容易に変形して歪みを緩和し、高品質の多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0026】また本発明で前記るつぼは、周壁面よりも内方に、外方に移動可能なついたてを有することを特徴とする。

【0027】本発明に従えば、ついたて内で半導体材料を融解させ、凝固時の膨張の際についたてが外方に移動可能であるので、膨張による歪みを緩和し、高品質の多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0028】また本発明は、前記るつぼと、前記ついたてとの間に、緩衝手段を設けることを特徴とする。

【0029】本発明に従えば、融解した半導体材料が凝固する際の体積膨張に対し、ついたての移動は緩衝手段によって調整されるので、急激な応力の変化を与えることなく高品質の多結晶半導体インゴットを製造することができる。初期には、種結晶の位置を正確に保つこともできる。

【0030】また本発明で前記緩衝手段は、粒状耐火物であることを特徴とする。

【0031】本発明に従えば、たとえば砂や石英などの粒状耐火物をついたてとるつぼとの間に緩衝手段として配置するので、高温の雰囲気下でも円滑についたての移動に対する調整を行って、半導体の凝固時の体積膨張に対する歪みを緩和して、高品質の多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0032】また本発明で前記るつぼは、複数の部分に分割可能で、るつぼの各部分は、底面でくし形に組合わされ、径方向の外方に摺動変位可能であることを特徴とする。

【0033】本発明に従えば、半導体材料が融解した後、凝固する際にるつぼが複数の部分に分かれて半導体の膨張を吸収し、歪みを緩和することができるので、高品質の多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0034】また本発明で前記るつぼの材質は、カーボンであることを特徴とする。本発明に従えば、るつぼの

材料がカーボンであるので、底面のくし形に組合わされている部分が円滑に摺動変位して半導体材料の凝固時の膨張を緩和することができる。

【0035】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施の一形態である多結晶シリコンインゴット製造装置の概略的な構成を示す。るつぼ1は、大略的に円筒または角筒などの筒状であり、シリカ製である。グラファイト、窒化珪素、窒化ほう素などの耐火物や、タンタル、モリブデンあるいはタングステンなどの高融点金属などから形成される。内側のるつぼ2は、タンタル、モリブデンあるいはタングステンなどの高融点金属で形成することもできる。内側のるつぼ2は、底部が外側のるつぼ1の底面に乗載され、内側のるつぼ2の外周面と外側のるつぼ1の内周面との間には空隙が設けられる。外側のるつぼ1の外周面は、上部を残してグラファイトから成るカバー3で覆われる。外側のるつぼ1の底部は水平な支持台4に乗載される。支持台4は、回転変位可能で、かつ昇降変位可能な台座5に取付けられる。外側のるつぼ1の底面の温度は、熱電対6によって検出される。

【0036】るつぼ1の上方には、間隔をあけて誘導加熱コイル7が配置され、誘導加熱コイル7に高周波電流を流すと、グラファイトやカーボンファイバなどによる発熱体8が誘導加熱される。発熱体8は、るつぼ1の上方に間隔をあけて配置され、発熱体8が加熱されると輻射熱でるつぼ1を上方から加熱する。発熱体8の下方および外側には、グラファイトやカーボンファイバによる熱絶縁体9が設けられる。内側のるつぼ2の内部に対し、上方からパイロメータ10が臨むように取付けられる。発熱体8の温度は、制御用熱電対11によって検出される。熱電対6および制御用熱電対11の出力は、制御装置12に入力され、誘導加熱コイル7による加熱状態が制御される。

【0037】台座5は、冷却層13から供給される冷却水などによって冷却可能である。他の冷媒を用いることもできる。台座5は、駆動手段14によって、るつぼ1の中心を通る鉛直線まわりの回転と、鉛直線方向への昇降変位が可能である。内側のるつぼ2内にシリコン半導体材料15を装入し、誘導加熱コイル7によって内側のるつぼ2上方から加熱すれば、シリコン半導体材料15を上方から底部に向かって融解させることができる。この際に、駆動手段14によって台座5を回転させれば、内側のるつぼ2内のシリコン半導体材料15を均一に加熱して融解させることができる。冷却槽13からの冷却水で台座5を冷却すれば、内側のるつぼ2内のシリコン半導体材料15は底部から凝固を開始する。駆動手段14によって、台座5を下降させ、内側のるつぼ2内のシリコン半導体材料15から発熱体8が遠ざかるようにすれば、内側のるつぼ2内の底部から上部に向かう一方向凝固を促進することができる。融解しているシリコン半導体材料15

内に、酸素ガスや窒素ガスなどが入り込まないように、装置全体は密閉容器16内で外部と密閉され、密閉容器16内には真空または不活性ガスなどの不活性な雰囲気

に保たれる。  
【0038】図2は、図1のるつぼ1と内側るつぼ2とによる二重構造を示す。半導体材料として装入されるシリコンは、1チャージ当たり140kg程度とする。製造するインゴットは、底面が55cm角となるようにする。前述のように、外側のるつぼ1はシリカ（石英）製であり、内側るつぼ2はタンタルなどの高融点金属を使用する。内側るつぼ2の材料としては、高耐熱性でシリコンとの濡れ性が悪いことが好ましい。タンタルのほか

にモリブデンやタングステンでも同様な効果が得られることが確認されている。  
【0039】るつぼ1と内側るつぼ2との間には空隙21を設ける。予備実験で、空隙21の大きさを15、18、20mmと変えて、シリコンインゴットを作製したところ、空隙21が初め15mmや18mmの場合、インゴットの凝固時には空隙21が消失し、外側のるつぼ1に歪みが生じている。空隙21が初め20mmのときにも、最終的に空隙21は消失しているけれども、外側のるつぼ1には歪みが生じていない。このことから、空隙21は、20mm以上必要であることがわかる。

【0040】図3は、シリコンの融液15aが凝固してシリコンのインゴット15bになるときに、体積が膨張し、従来のようにるつぼ1内で直接凝固するときには、周囲のるつぼ1で膨張が規制され、インゴット15bには応力による歪みが生じる。図2に示すように、内側るつぼ2がインゴットとともに膨張可能であると、応力を緩和して歪みの影響を軽減させることができる。

【0041】図4は、本発明の実施の他の形態として、るつぼ31の内側に径方向に移動可能なシリカ製のついたて32を配置し、インゴットが固化するときの熱膨張に応じてついたて32が移動し、歪みを緩和することができるスライド式を示す。四角柱状のるつぼ31の底面には溝33が形成され、4枚のついたて32を組み合わせる。各ついたて32は、図5に示すように側方にかぎ形の凹凸34を有する。隣接するついたて32で、凹凸34同士を組み合わせると、4枚のついたて32は、四角柱状の形状を保ったまま拡大することができる。なお、図4に示すような状態でるつぼ1とついたて32との間の空隙35の間隔は、図3と同様に20mmとする。図6に示すように、ついたて32の高さの半分程度まで、空隙には砂や石英粒などの粒状耐火物36を入れておく。これによって、初期の固化時に底の大きさを一定にすることができる。

【0042】図7は、本発明のさらに他の実施形態として、分割式のるつぼ41の構造を示す。るつぼ41は、2つの半るつぼ42a、42bが底面でくし形部43を形成して組合わされる。図7(a)は、組合わされた状

態の側面断面を示し、図7(b)は、組合わされた状態のくし形部43を示す。図7(a)に示すように種結晶45を底面上に敷詰めておけば、半るつぼ42a、42bが離れる方向にくし形部43が摺動変位して隙間が大きくなっても、熔融したシリコンが漏れる恐れはなくなる。また、種結晶45が重りとしても作用するので、半るつぼ42a、42bの材料として、シリコンよりも比重の小さいカーボンなどを用いることもできる。

【0043】図1の実施形態で、多結晶シリコンインゴットを製造する標準的な作業手順としては、図8に示すようになる。ステップa0から手順を開始し、ステップa1では、内側るつぼ2内に、ポリシリコンを約140kg挿入して充填する。ここで内側るつぼ2は、前述のように底面が55cm角であり、外側のるつぼ1との空隙の大きさは20mmとする。ステップa2ではポリシリコンが充填されたるつぼ1を支持台4上に置き、その支持台4を台座5の上に乘せて加熱準備を行う。台座5は、冷媒槽13からの冷却水によって水冷される。

【0044】ステップa3では、誘導加熱コイル7に約7kHzの周波数の交流電流を流し、誘導加熱を開始し、発熱体8の温度を上昇させる。発熱体8からの放射熱によって、るつぼ1およびポリシリコンが加熱される。シリコンの融解温度である約8,420℃以上にまで温度が上昇すると、ポリシリコンは上部から下部に向かって融解が進む。本実施形態では、るつぼ1の上側に加熱手段があり、下側に冷却手段がある構造であるので、ポリシリコンは上部から下部に向かって融解する。つぎにステップa4では、炉内の温度が一定になるように、誘導加熱コイル7に供給する電力を制御して温度制御を行う。ステップa5ではパイロメータ10によってポリシリコンの融解を確認し、ステップa6で内側るつぼ2内の温度を徐々に下げながら、同時に台座5を降下させ、凝固を開始させる。パイロメータ10は、ポリシリコンの表面の放射温度を検出しているけれども、液体と固体とでの放射率の変化も検出する。冷却速度は、たとえば1℃/hである。降下速度は、10mm/hで行う。また固化中は、温度分布が生じる影響を低減させるために、1rpmの速度で台座を回転させる。ステップa7では固化が完了しているか否かを、冷却速度の変化などに基づいて判断する。固化が完了すると、ステップa8で冷却を開始し、冷却が終了するとステップa9で製造されたインゴットを取出す。ステップa9で手順を終了する。

【0045】図9は、インゴットから125mm角のブロックを16本取れるようにカッティングする状態を斜線を付して示す。カッティングは、4辺の切りしろを等間隔にするために行う。図10(a)は、切りしろが除去された16本のブロックを示す。各ブロックの側面の向きをN、W、S、Eとする。図10(b)は、図10(a)に示す2番のブロックについて、S面における底



部から 100mm の場所でライフタイムを測定するための測定場所を示す。従来のような膨張緩和を考慮していない場合のライフタイム値は 5~7 $\mu$ s であるけれども、本発明によればブロックのライフタイム値は 10~15 $\mu$ s と高くなっている。なお図 10(a) に斜線を施して示すセンタブロックでの比較では、両方とも 10~15 $\mu$ s と同じ値が得られている。

【0046】同様な効果は、二重構造のるつぼの実施形態ばかりでなく、スライド式や、分割式のるつぼでも同様に得られる。また、シリコンとは異なる半導体材料にも同様に適用することができる。

【0047】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、底面から上方に向けて一方向凝固させるるつぼが、半導体の固化時の膨張による歪みを緩和可能であるので、歪みの影響を緩和した高品質の多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0048】また本発明によれば、二重構造のるつぼを用いて、半導体の凝固時の膨張による歪みの影響を緩和し、高品質の多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0049】また本発明によれば、ついたての移動によって半導体の凝固時の熱膨張による歪みの影響を緩和し、高品質な多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0050】また本発明によれば、複数の部分に分割されるるつぼを用いて、凝固時の熱膨張の影響を緩和し、高品質な多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0051】また本発明によれば、るつぼの底面に配置した種結晶から上方に向かって一方向凝固した、歪みの少ない高品質な多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0052】また本発明によれば、高品質の多結晶シリコンインゴットを製造することができる。

【0053】さらに本発明の製造装置によれば、密閉容器内の雰囲気の不活性な雰囲気を保って、支持台でるつぼを回転させながら、加熱手段でるつぼ内に装入した半導体材料を上方から加熱し、冷却手段で支持台を冷却することによって、るつぼ内の下方から上方に向けて半導体材料を一方向凝固させることができる。るつぼは、半導体の固化時の膨張による歪みを緩和する歪み緩和手段を備えるので、均質で歪みの少ない、高品質の多結晶半導体インゴットを得ることができる。

【0054】また本発明の製造装置によれば、半導体材料を融解して一方向凝固させるるつぼが二重構造を有するので、凝固時の熱膨張の影響を吸収し、歪みの少ない高品質の多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0055】また本発明の製造装置によれば、内側のる

つぼは高融点金属で、融解した半導体材料との濡れ性が悪いので、半導体材料の凝固時の熱膨張による応力歪みを緩和し、高品質な多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0056】また本発明の製造装置によれば、二重構造の内側のるつぼ内で半導体材料が凝固する際に膨張しても、屈曲した形状の周壁が変形して発生する歪みを緩和し、高品質の多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0057】また本発明の製造装置によれば、半導体材料が凝固する際に膨張しても、ついたての移動によって歪みの影響を緩和し、高品質な多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0058】また本発明の製造装置によれば、緩衝手段によって凝固開始時にはついたてが内方寄りの状態を保ち、凝固の進行とともに外方寄りに移動して膨張を緩和させることができる。

【0059】また本発明の製造装置によれば、高温度でも円滑についたての移動を行わせることができる。

【0060】また本発明の製造装置によれば、るつぼが分割されて凝固時の膨張による歪みの影響を緩和することができるので、高品質な多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【0061】また本発明の製造装置によれば、底面でくし形に組合わされているるつぼの各部分を、円滑に摺動変位させて半導体材料の凝固時の歪みを有効に緩和し、高品質の多結晶半導体インゴットを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の一形態の概略的な構成を示す簡略化した正面断面図である。

【図 2】図 1 のるつぼ 1 および内側のるつぼ 2 による二重構造を示す簡略化した断面図である。

【図 3】従来のようにるつぼ 1 内で直接シリコンを凝固させるときに、体積膨張によって歪みが発生する状態を示す簡略化した断面図である。

【図 4】本発明の実施の他の形態の概略的な構成を示す断面図である。

【図 5】図 4 のついたて 32 の正面図である。

【図 6】図 5 のるつぼ 31 とついたて 32 との間に、粒状耐火物 36 を緩衝手段として装入する状態を示す簡略化した断面図である。

【図 7】本発明の実施のさらに他の形態のるつぼの簡略化した正面断面図と平面図である。

【図 8】図 1 の実施形態によって多結晶シリコンインゴットを製造する手順を示すフローチャートである。

【図 9】図 1 の実施形態で製造されるシリコンインゴットから 16 個のブロックを切出す状態を示す図である

【図 10】図 9 に示すようにして切出される 16 個のブロックに番号を付した状態の簡略化した平面図と、第 2

11

番目のブロックについてライフタイムを測定する箇所を示す斜視図である。

【符号の説明】

- 1, 31, 41 るつぼ
- 2 内側るつぼ
- 4 支持台
- 5 台座
- 7 誘導加熱コイル
- 8 発熱体

\*

\* 9 熱絶縁体

15 シリコン半導体材料

16 密閉容器

21, 35 空隙

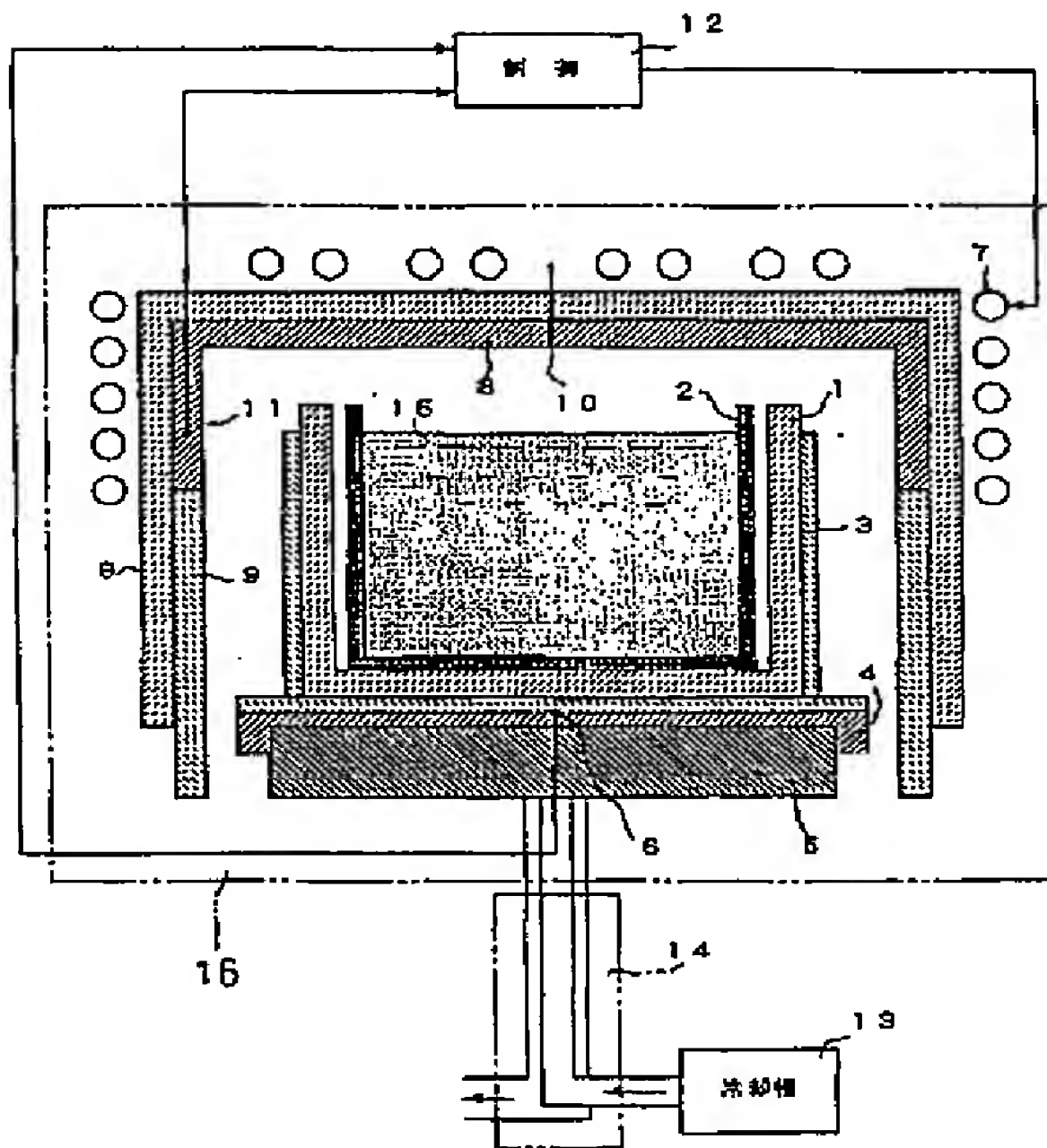
32 ついたて

42a, 42b 半るつぼ

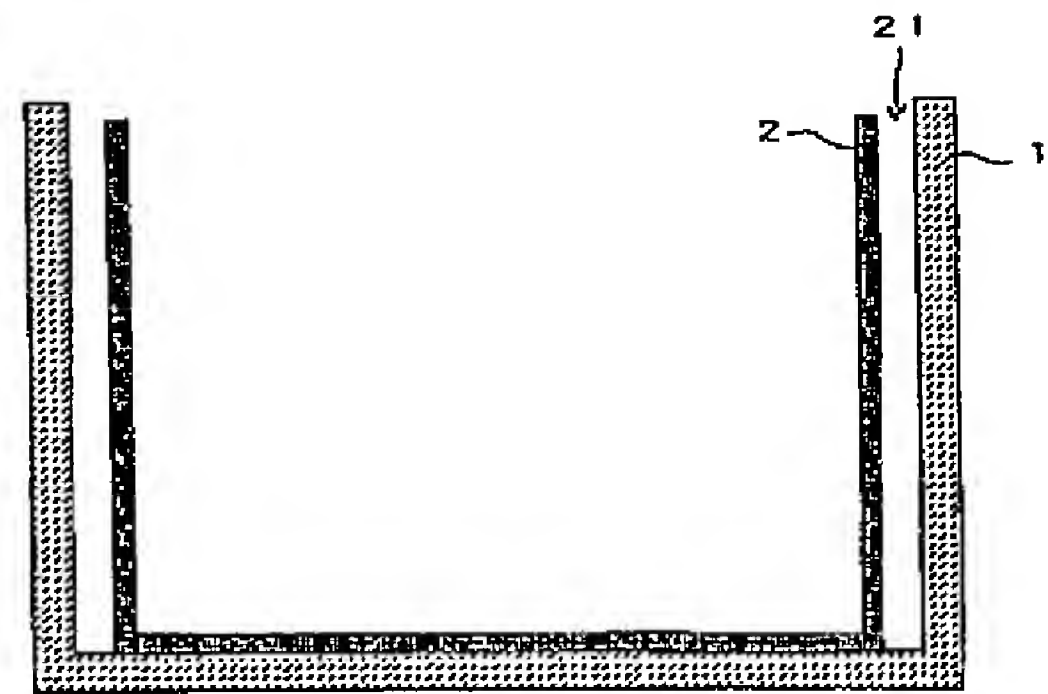
43 くし形部

45 種結晶

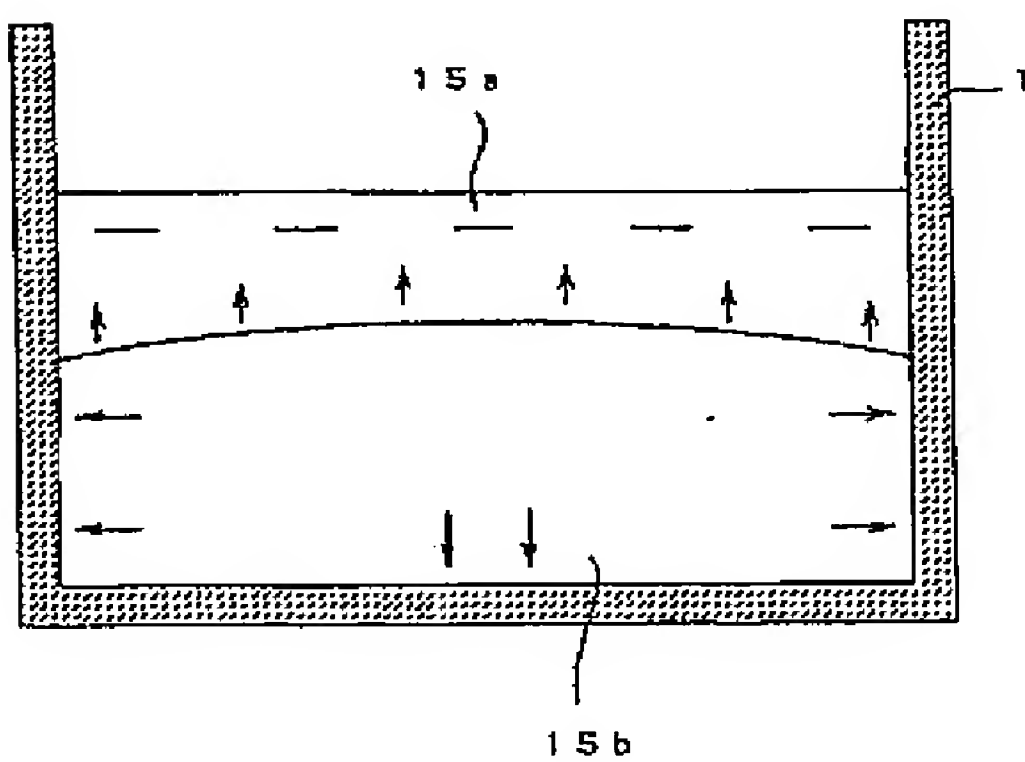
【図1】



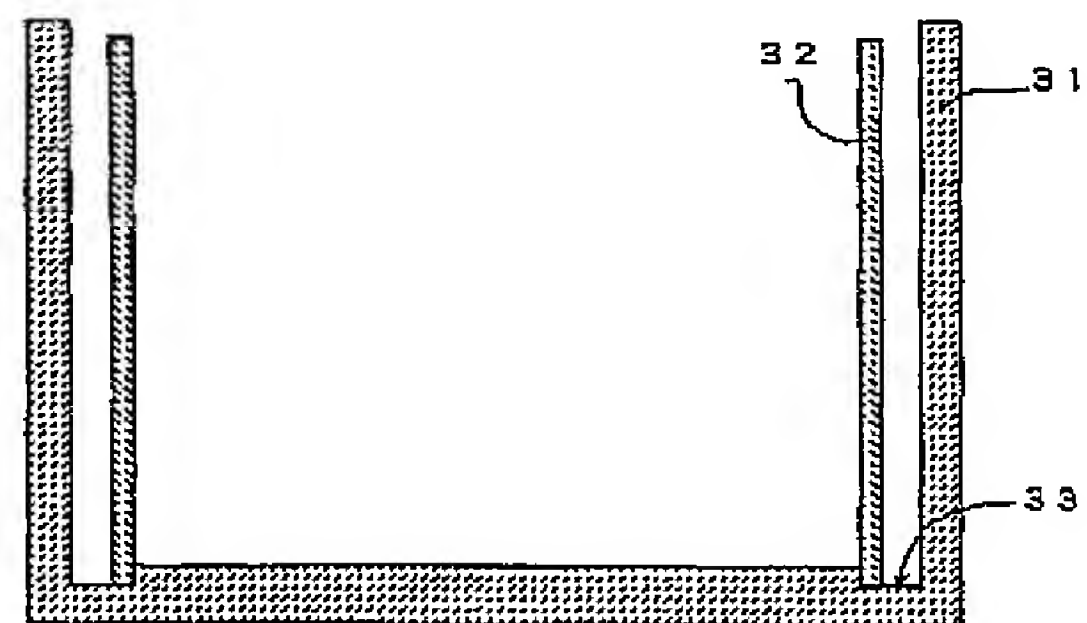
【図2】



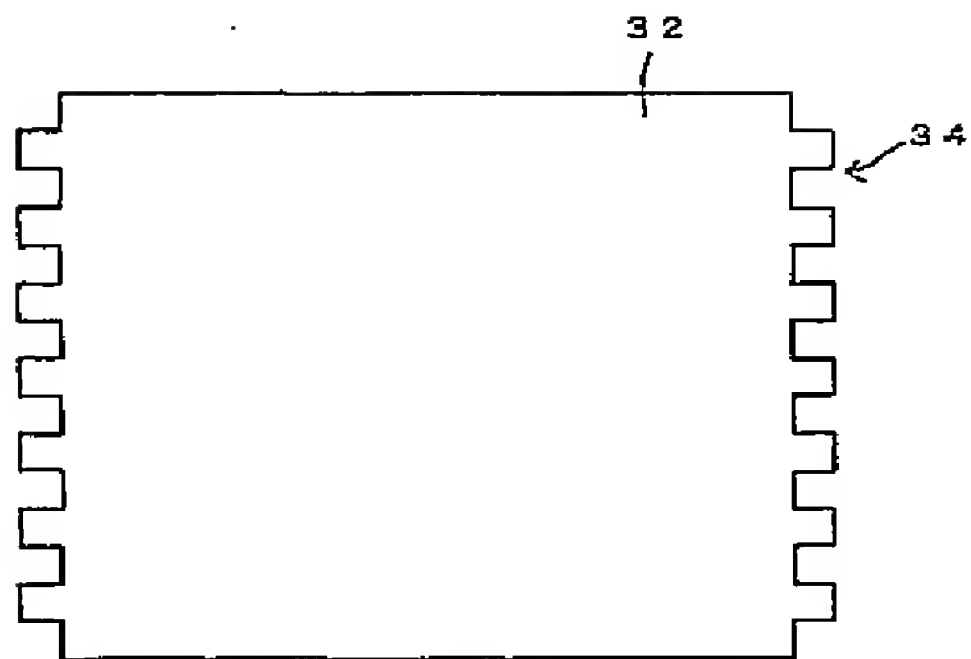
【図3】



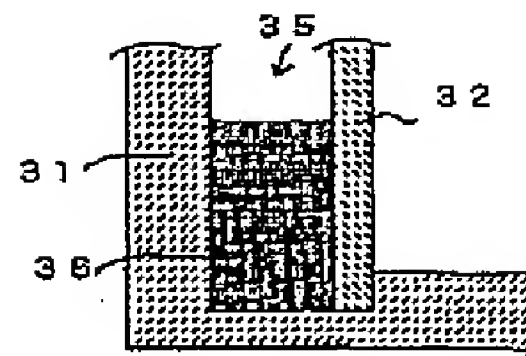
【図4】



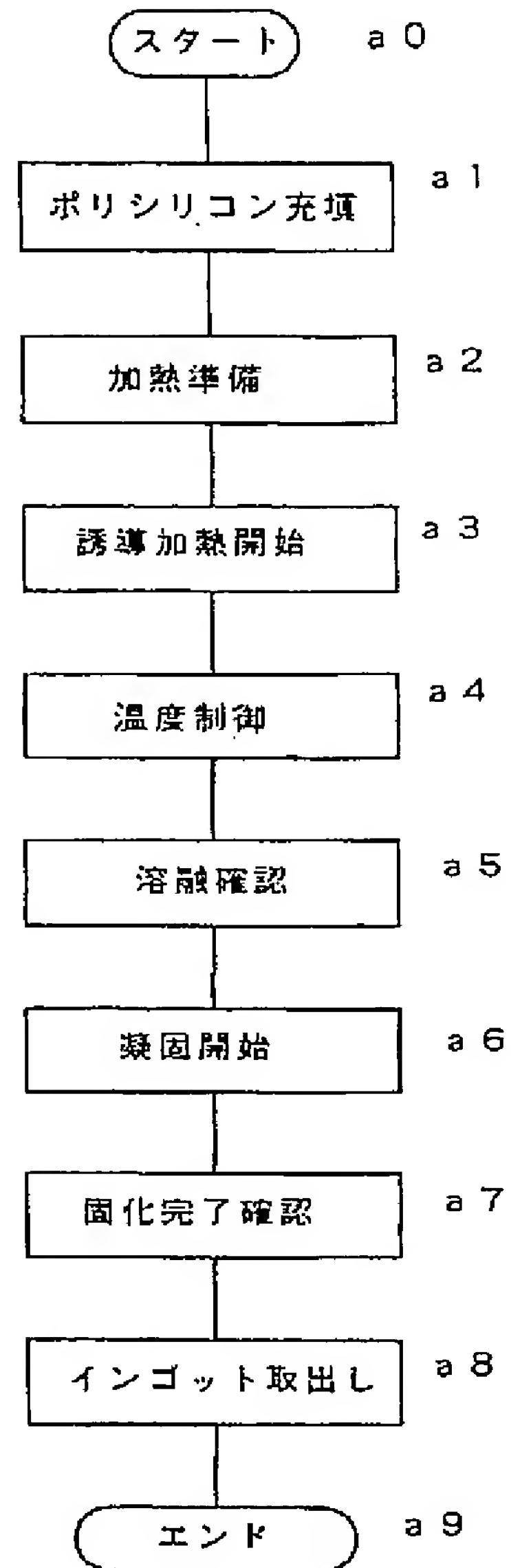
【図5】



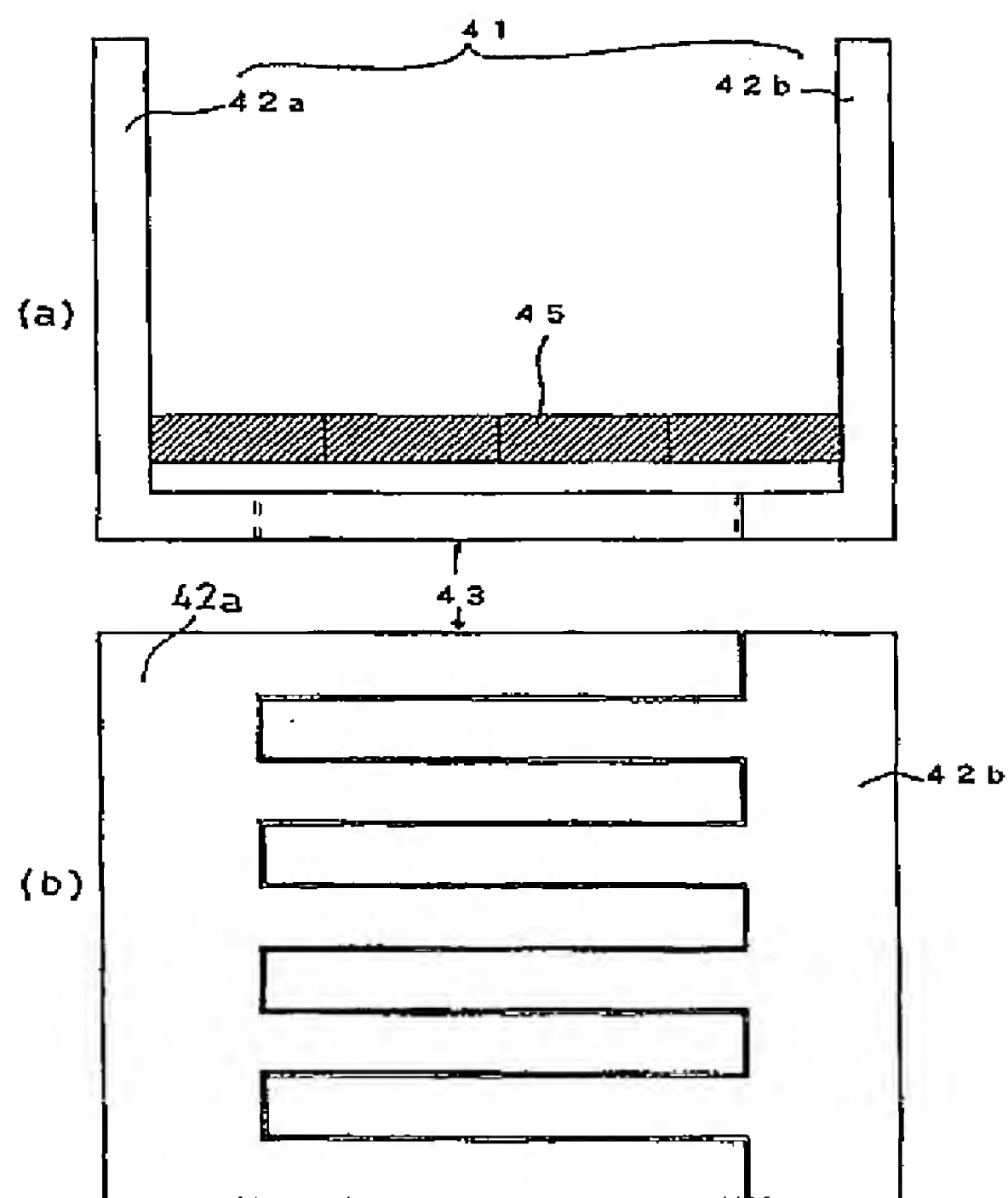
【図6】



【図8】

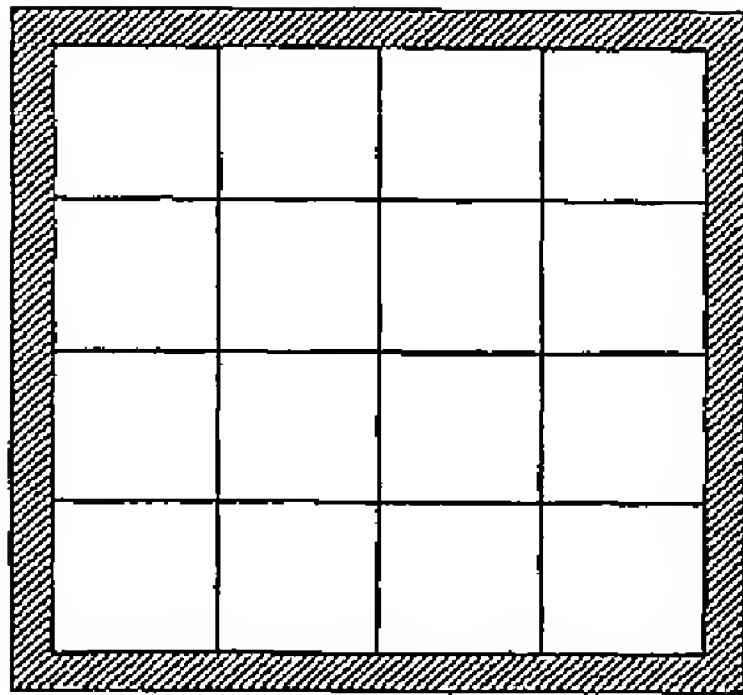


【図7】

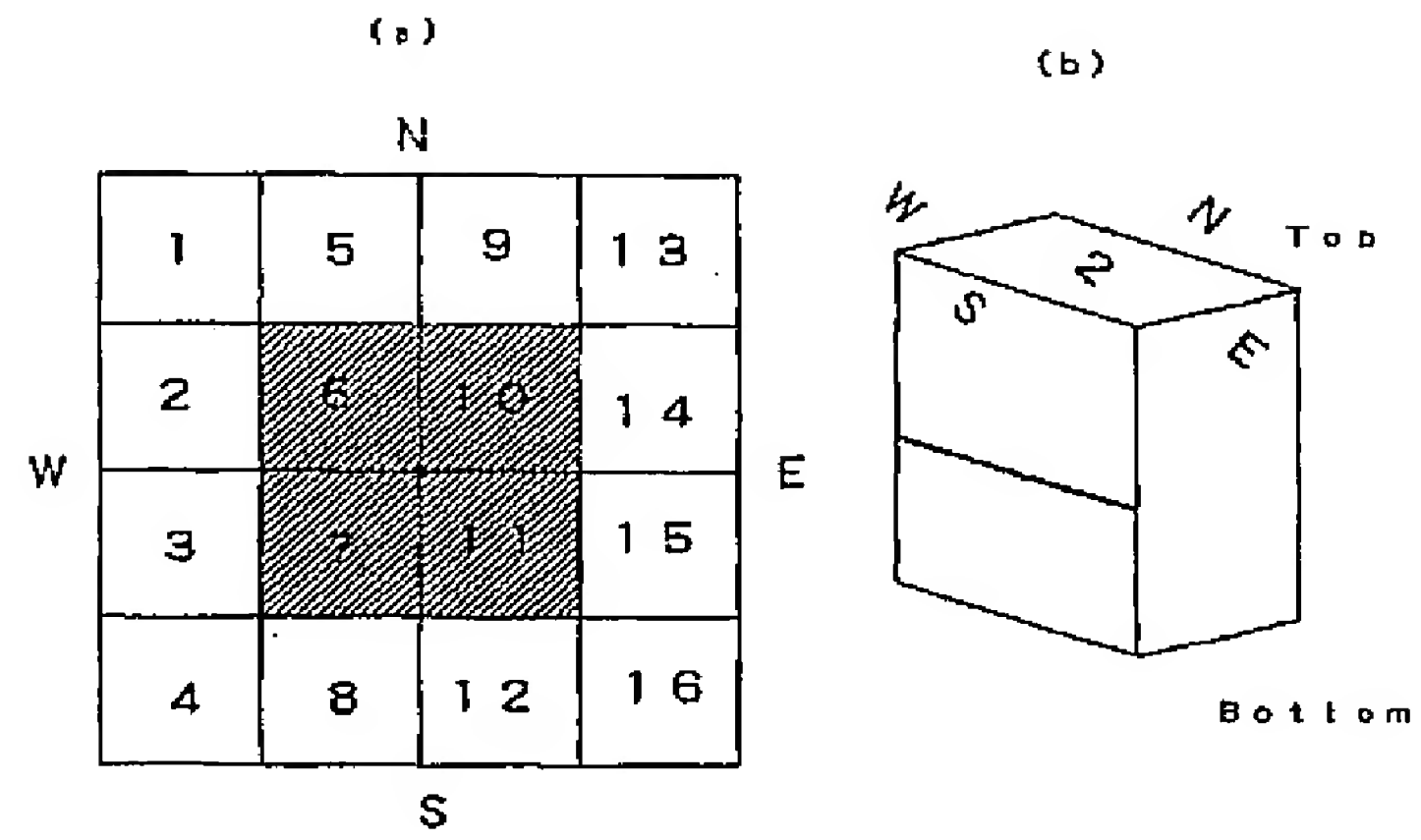




【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

C30B 29/06

H01L 21/208

//H01L 31/04

F I

C30B 29/06

H01L 21/208

31/04

D

T

H